

PREDIKSI PUTING BELIUNG DI KABUPATEN MAROS

Eni Murlina

*Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.*

Email : enimurlina@yahoo.co.id

TORNADO PREDICTION IN MAROS REGENCY

Eni Murlina

*Geophysical Studies Program, Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Hasanuddin University, Makassar, Indonesia.*

Email Address: enimurlina@yahoo.co.id

Abstrak

Puting beliung adalah suatu fenomena meteorologis yang susah untuk diprediksi. Meskipun fenomena ini hanya berlangsung singkat, namun dampaknya dapat menelan korban jiwa, kerusakan bangunan dan kerusakan lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan kondisi-kondisi meteorologis yang dapat menyebabkan kejadian puting beliung. Model yang digunakan untuk maksud ini adalah model regresi linier berganda. Model ini membutuhkan masukan data cuaca lokal tiap jam. Dengan menggunakan uji signifikansi taraf $\alpha = 0,05$, ditemukan bahwa faktor cuaca yang signifikan adalah suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, curah hujan, klasifikasi awan rendah dan kecepatan angin. Akurasi model prediksi ini ditunjukkan oleh nilai Peirce sebesar $0,93 \pm 0,07$. Tingginya akurasi model menunjukkan bahwa model ini layak dijadikan sebagai sistem peringatan dini akan munculnya puting beliung.

Kata Kunci: *Faktor cuaca, Metode regresi linier berganda, Puting beliung.*

Abstract

Tornado is a meteorological phenomenon that is difficult to predict. Although this phenomenon was brief, but its impact can be casualties, property damage and environmental damage. This study is conducted to model the meteorological conditions that can cause tornado events. The model used for this study is a multiple linear regression model. The model needs input of a hours local weather data. By using a test of significance level at $\alpha = 0.05$, it was found that significant weather factors are air temperature, air humidity, air pressure, rainfall, classification of low clouds and wind speed. The accuracy of the model prediction is shown by its Peirce Score of 0.93 ± 0.07 . The high accuracy of the model shows that the model is feasible to serve as an early warning system for the emergence of a tornado.

Keywords: *Multiple linear regression method, Tornado, Weather factors.*

1. PENDAHULUAN

Salah satu proses cuaca yang timbul akibat ketidakstabilan atmosfer yaitu angin puting beliung. Jenis angin ini adalah angin kencang, namun tidak semua angin kencang adalah angin puting beliung. Puting Beliung memiliki frekuensi waktu yang singkat namun dapat menyebabkan bencana yang tidak kecil karena dapat menerbangkan atap rumah dan menumbangkan pepohonan.

Di Indonesia sendiri khususnya di Sulawesi Selatan, kejadian angin puting beliung sudah sering terjadi. Salah satu daerah yang pernah terkena

bencana angin puting beliung yaitu di kabupaten Maros. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah Sulawesi Selatan (2012), daerah ini terkena puting beliung sebanyak empat kali dalam empat bulan terakhir (Januari – April 2012). Bencana alam ini menimbulkan kerugian material yang tidak sedikit, sebab banyak rumah warga yang rusak.

Penelitian ini dibatasi pada kejadian puting beliung di Kabupaten Maros berdasarkan kondisi cuaca lokal, penentuan karakteristik puting beliung dan faktor-faktor cuaca yang signifikan sehingga dapat terbentuk model prediktif dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Faktor-faktor cuaca tersebut yaitu suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, tekanan udara, klasifikasi

* Eni Murlina.
Alamat E-mail: enimurlina@yahoo.co.id

awan rendah, arah dan kecepatan angin.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1. Bahan

Tahap awal dari penelitian ini adalah mengumpulkan dan mempersiapkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang terdiri dari :

- 2.1.a. Data iklim yang meliputi : klasifikasi awan rendah, suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, dari tahun 2009 – 2012. Data unsur-unsur iklim di peroleh dari Stasiun Klimatologi Maros, Kabupaten Maros.
- 2.1.b. Data tahunan kejadian puting beliung Propinsi Sulawesi Selatan pada Badan Nasional Penanggulangan Bencana yang ada di Makassar, Sulawesi Selatan atau di Dinas Sosial propinsi Sulawesi Selatan.

Menurut Murtianto, H (2008) cuaca adalah keadaan udara yang terjadi pada waktu yang pendek dan tempat yang sempit. Dalam penelitian ini, akan dibahas secara singkat beberapa unsur cuaca yang dianggap berpengaruh pada saat kejadian puting beliung, diantaranya awan Cumulonimbus (Cb), suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin. Awan puting beliung juga merupakan awan Guntur (*Cumulonimbus*) sehingga puting beliung juga dapat menimbulkan fenomena elektrik. Hujan biasanya terjadi pada saat atau setelah puting beliung (Wirjohamidjojo dan Sugarni, 2008). Awan Cumulonimbus dapat terbentuk ketika suhu udara di permukaan lebih tinggi dibandingkan di atmosfer (Pratiwi, 2011). Perbedaan tekanan udara dapat menyebabkan terjadinya angin, semakin besar perbedaan tekanan udara maka semakin besar pula kecepatan angin berhembus (Hasse, 1986).

2.2. Metode Penelitian

Uji statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat (puting beliung) dan variabel bebas (unsur-unsur cuaca) adalah dengan uji F (uji hipotesis keseluruhan), dengan kriteria penilaian : F hitung > F tabel H_0 ditolak, dan F hitung < F tabel maka H_0 diterima. Dimana H_0 = tidak memiliki pengaruh prediktor terhadap kejadian angin puting beliung.

Regresi berganda digunakan untuk menghubungkan variabel bebas (x) dengan sebuah variabel terikat (y)

$$y = a + b_n x_n + \varepsilon \quad \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

y = kejadian ada atau tidak ada puting beliung; (y = 0 = tidak ada kejadian puting beliung, y = 1 = ada kejadian puting beliung)

Persamaan (1) merupakan model prediksi kejadian puting beliung dengan a, b_n adalah parameter regresi, dan ε faktor kesalahan model (Lestari, 2011). Verifikasi adalah proses penilaian kualitas suatu prediksi (forecast). Dalam proses ini, suatu hasil prediksi dibandingkan dengan nilai pengamatan/observasi (Halide, 2009). Untuk mengetahui keserasian/kecocokan antara model dan data, maka keluaran (output) model dibandingkan dengan data kejadian angin puting beliung di Kabupaten Maros. Ada dua jenis verifikasi yang dilakukan yaitu :

2.2.1. Verifikasi kontinu

Yaitu menghitung nilai korelasi person dan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*). Nilai korelasi Pearson diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n p_i o_i - (\sum_{i=1}^n p_i)(\sum_{i=1}^n o_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n p_i^2 - (\sum_{i=1}^n p)^2\} \{n \sum_{i=1}^n o_i^2 - (\sum_{i=1}^n o_i)^2\}}} \quad \dots\dots(2)$$

Dengan :

- n = jumlah data
- r = koefisien korelasi antara data observasi dan data prediksi
- p = data prediksi puting beliung
- o = data observasi hasil puting beliung
- i = menyatakan kejadian ke-

sedangkan untuk mencari nilai RMSE menggunakan rumus sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p-o)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

2.2.2. Verifikasi dikhotomi

Yaitu dengan menghitung nilai PSS (*Peirce Skill Score*) dan EPSS (*Error Peirce Skill Score*). Dengan menggunakan rumus berikut :

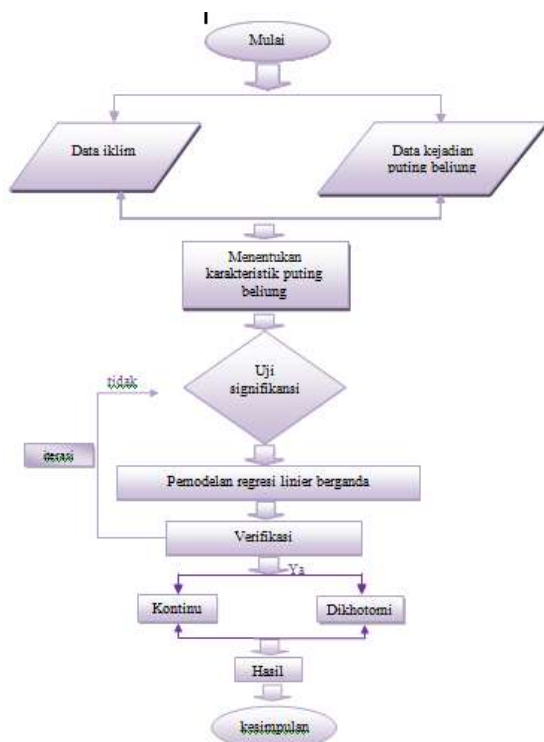
Nilai PSS = ((ad-bc))/((a+c) (b+d))

$$\text{Nilai EPSS} = \left[\frac{(n^2 - 4(a+c)(b+d)PSS^2)}{4n(a+c)(b+d)} \right]^{1/2} \quad \dots\dots(4)$$

Dengan :

- a = jumlah kejadian yang terprediksi dan teramati
- b = jumlah kejadian yang terprediksi tak teramati
- c = jumlah kejadian yang tidak terprediksi namun ternyata teramati
- d = jumlah kejadian yang tidak terprediksi dan tidak teramati.

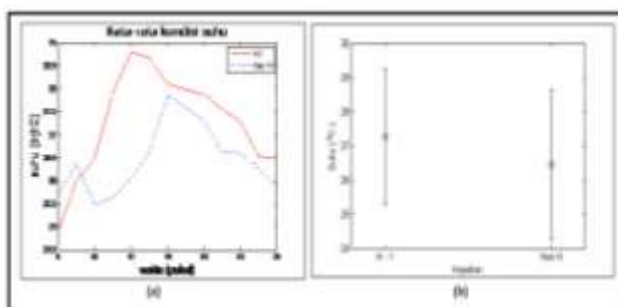
2.3. Bagan Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

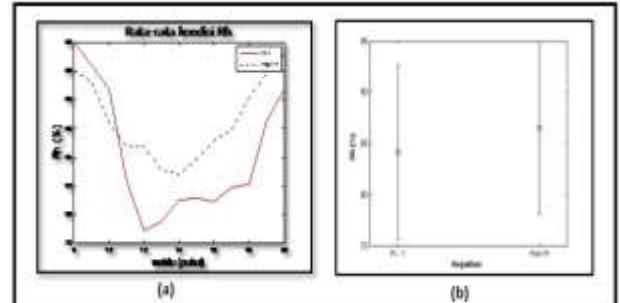
Penelitian yang telah dilakukan menggunakan data kejadian puting beliung dan data unsur-unsur iklim pada hari sebelum kejadian puting beliung dan hari kejadian puting beliung tiap jam.

Hasil observasi cuaca di Stasiun Klimatologi Maros dikelompokkan kemudian dirata-ratakan untuk melihat karakteristik kondisi cuaca. Satu hari sebelum kejadian disimbolkan “H – 1” dan hari kejadian puting beliung disimbolkan “H”. Berdasarkan data observasi unsur-unsur iklim yang diambil di Stasiun Klimatologi Maros menunjukkan bahwa ada dua unsur cuaca yang kondisinya lebih tinggi pada satu hari sebelum dibandingkan pada hari kejadian puting beliung yaitu suhu udara dan curah hujan. Berikut grafik karakteristik perbandingan suhu udara :



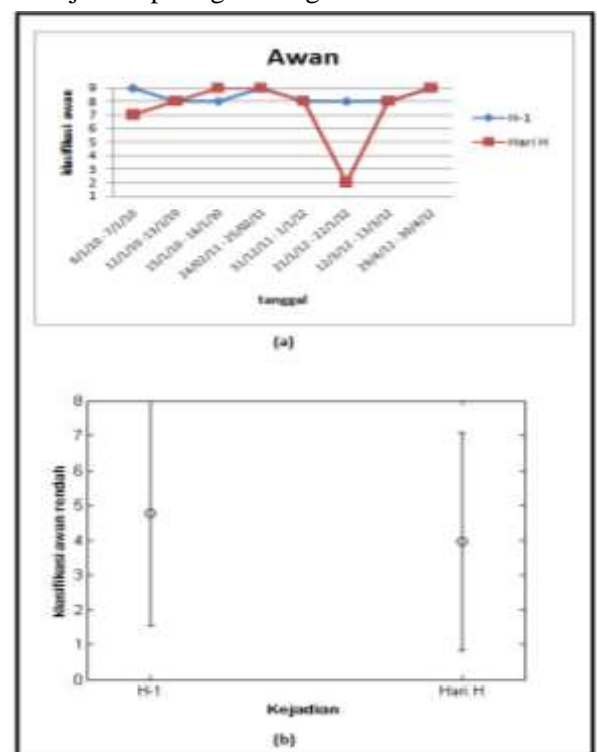
Gambar 1. (a) kondisi rata-rata suhu tiap jam, (b) kondisi rata-rata suhu dengan standar deviasi untuk 8 kejadian puting beliung

Untuk keadaan yang sebaliknya dimana kondisi satu hari sebelum kejadian lebih rendah dibandingkan pada hari kejadian puting beliung terjadi pada tiga unsur cuaca yaitu kelembaban udara, tekanan udara dan kecepatan angin. Berikut salah satu grafik kondisi unsur cuaca tersebut :



Gambar 2. (a) kondisi rata-rata kelembaban udara tiap jam, (b) kondisi rata-rata kelembaban udara dengan standar deviasi untuk 8 kejadian puting beliung

Sedangkan jenis awan yang lebih sering terlihat dari tempat observasi baik satu hari sebelum dan pada hari kejadian puting beliung yaitu awan Cumulus. Menurut Pratiwi (2011), awan Cumulonimbus dapat terbentuk ketika suhu udara di permukaan lebih tinggi dibandingkan di atmosfer. Hal ini bisa menjadi acuan penyebab awan Cumulus ataupun Cumulonimbus lebih sering muncul pada satu hari sebelum puting beliung dibandingkan pada hari kejadian puting beliung.



Gambar 3. (a) Awan rendah satu hari sebelum kejadian, (b) kondisi rata-rata awan rendah dengan standar deviasi untuk 8 kejadian puting beliung

Keterangan :

- 1 = *Cumulus humilis*
- 2 = *Cumulus mediocris/congestus*
- 3 = *Cumulus* tanpa landasan
- 4 = *Strato cumulus* 1000 – 1500 m
- 5 = *Strato cumulus* yang tidak terjadi dari bentangan *Cumulus*
- 6 = *Stratus* 5 – 100m
- 7 = *Frakto stratus/ Frakto cumulus*
- 8 = *Cumulus dan Staro cumulus*
- 9 = *Cumulonimbus*

Hasil analisis data dengan regresi linier berganda diketahui pengaruh yang cukup signifikan pada kejadian puting beliung di Kabupaten Maros bervariasi pada setiap kejadian.

Tabel 1. Model Prediktif Kejadian Puting Beliung Januari 2010 – April 2012

| No. | Tanggal Kejadian | Model Prediktif |
|-----|-----------------------|---|
| 1 | 6/1/2010 – 7/1/2010 | $Y = 304,469 - 0,316 X_1 - 0,300 X_5$ |
| 2 | 12/1/2010 – 13/1/2010 | $Y = 6,328 - 0,231 X_2$ |
| 3 | 15/1/2010 – 16/1/2010 | $Y = 221,127 - 0,36 X_3 - 0,218 X_5;$ |
| 4 | 24/2/2011- 25/2/2011 | $Y = 109,116 + 0,43 X_4 - 0,111 X_5 ;$ |
| 5 | 31/12/2011 – 1/1/2012 | $Y = 435,029 - 0,01 X_1 - 0,420 X_2 - 0,013 X_3 - 0,07 X_4 - 0,418 X_5 + 0,074 X_6$ |
| 6 | 21/1/2012 – 22/1/2012 | $Y = -261,410 + 0,07 X_3 - 0,029 X_4 + 0,262 X_5 - 0,074 X_6$ |
| 7 | 12/3/2012 – 13/3/2012 | $Y = 282,043 + 0,077 X_4 - 0,285 X_5 + 0,075 X_6$ |
| 8 | 29/4/2012 - 30/4/2012 | $Y = 147,544 - 0,095 X_2 - 0,143 X_5$ |

Keterangan :

- Y = kejadian puting beliung
X1 = klasifikasi awan rendah
X2 = suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)
X3 = curah hujan (mm)
X4 = kelembaban udara (%)
X5 = tekanan udara (milibar)
X6 = kecepatan angin (knot)
X7 = arah angin ($^{\circ}$)

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa ada satu variabel bebas yang signifikan hampir di setiap kejadian puting beliung (variabel terikat) yaitu tekanan udara. Ini berarti bahwa tekanan udara berpengaruh terhadap puting beliung. Selain itu ada pula variabel bebas yang tidak pernah signifikan dengan kejadian puting beliung yaitu arah angin.

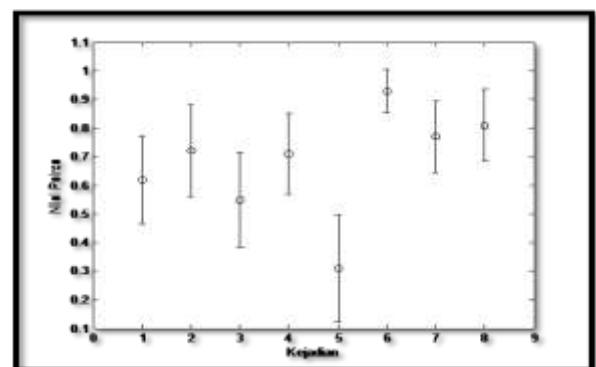
Model regresi linear yang diperoleh memperlihatkan bahwa variabel bebas seperti suhu udara, tekanan udara, curah hujan dan klasifikasi

awan memiliki hubungan yang berlawanan dengan kejadian puting beliung. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien masing-masing variabel bebas bertanda negatif, artinya semakin kecil nilai dari variabel bebas yang dimaksud maka semakin besar nilai variabel terikat (Y). Sedangkan untuk nilai konstanta (a) dan kelembaban udara (X_2) memiliki hubungan yang searah dengan variabel terikat (Y) karena nilai koefisiennya bertanda positif.

Suatu model regresi dikatakan baik atau cukup baik ketika nilai korelasinya tinggi dan nilai RMSE yang rendah, atau nilai PSS yang tinggi dan nilai EPSS yang rendah. Pada penelitian ini, dilakukan dua jenis verifikasi yaitu verifikasi kontinu dan verifikasi dikhotomi. Verifikasi kontinu dilakukan dengan mencari nilai korelasi pearson dan RMSE (*Root Mean Square Error*) sedangkan verifikasi dikhotomi dilakukan dengan mencari nilai PSS (*Peirce Skill Score*) dan EPSS (*Error Peirce Skill Score*).

Tabel 2. Nilai verifikasi model

| No. | R ² | RMSE | korelasi Pearson | PSS | EPSS |
|-----|----------------|------|------------------|------|------|
| 1 | 0,481 | 0,44 | 0,62 | 0,62 | 0,15 |
| 2 | 0,455 | 0,44 | 0,67 | 0,72 | 0,16 |
| 3 | 0,437 | 0,39 | 0,69 | 0,55 | 0,17 |
| 4 | 0,569 | 0,39 | 0,70 | 0,71 | 0,14 |
| 5 | 0,296 | 0,59 | 0,31 | 0,31 | 0,19 |
| 6 | 0,716 | 0,20 | 0,93 | 0,93 | 0,07 |
| 7 | 0,675 | 0,34 | 0,77 | 0,77 | 0,13 |
| 8 | 0,432 | 0,34 | 0,79 | 0,81 | 0,12 |



Gambar 4. Grafik Nilai Peirce

Pada tabel dan gambar di atas menunjukkan bahwa hanya ada satu model yang kurang baik yaitu model regresi kejadian puting beliung pada tanggal 31 Desember 2011 – 1 Januari 2012 (No.5). Nilai RMSE pada model tersebut ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan nilai korelasinya.

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa model regresi yang dihasilkan untuk kejadian pada tanggal 21 – 22 Januari 2012 (No.6) memiliki nilai korelasi yang paling tinggi, artinya hubungan korelasi paling kuat dengan nilai RMSE yang paling kecil. Dan ini juga terjadi ketika model pada kejadian ini di uji dengan verifikasi dikhotomi. Nilai kesalahan yang paling kecil pada model regresi ini menandakan bahwa model ini yang memiliki tingkat kebenaran prediksi yang paling baik, sehingga actor iklim yang berpengaruh pada kejadian putting beliung ditanggal 21 – 22 Januari 2012 bisa dijadikan sebagai acuan karakteristik putting beliung berdasarkan pengaruh iklim.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Penentuan karakteristik putting beliung berdasarkan data observasi actor-unsur iklim yang diambil di stasiun klimatologi maros menunjukkan bahwa ada dua actor cuaca yang kondisinya lebih tinggi pada satu hari sebelum dibandingkan pada hari kejadian putting beliung yaitu suhu udara dan curah hujan. Untuk keadaan yang sebaliknya dimana kondisi satu hari sebelum kejadian lebih rendah dibandingkan pada hari kejadian putting beliung terjadi pada tiga actor cuaca yaitu kelembaban udara, tekanan udara dan kecepatan angin. Awan yang lebih sering terlihat dari tempat observasi baik satu hari sebelum dan pada hari kejadian putting beliung yaitu awan cumulus.
2. Setiap model prediksi memiliki perbedaan actor-unsur iklim yang berpengaruh terhadap kejadian putting beliung. Unsur- actor iklim yang signifikan terhadap kejadian putting beliung yaitu suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, curah hujan, kecepatan angin dan awan rendah.
3. Hasil verifikasi prediksi menunjukkan model prediktif memiliki kepiawaian memprediksi putting beliung dengan hasil prediksi yang baik seperti yang terlihat pada garfik nilai peirce. Model prediktif pada tanggal 21 januari 2012 – 22 januari 2012 memiliki nilai peirce paling tinggi sehingga actor cuaca yang signifikan pada kejadian ini dapat dijadikan karakteristik

kondisi cuaca penyebab munculnya putting beliung.

4.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya ditambahkan variabel-variabel lain yang dianggap berpengaruh seperti actor ketinggian daerah dari permukaan laut. Menambahkan data harian observasi yaitu satu hari setelah kejadian.
2. Sebaiknya data yang digunakan lebih dari sepuluh tahun agar diperoleh hasil prediksi yang lebih baik.

5. REFERENSI

1. Murtianto, H. 2008. *Modul Belajar Geografi. Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Pengetahuan Sosial*. Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Wirjohamidjojo, S. dan Sugarin. 2008. *Praktek Meterologi Kelautan*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika. Hal.67
3. Pratiwi, D. 2011. *Prediksi Terbentuknya Awan Cumulonimbus (Cb) Di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar*. Skripsi. Program studi Geofiska, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. Makassar. Hal.52
4. Hasse dan Dobson. 1986 dalam Farita, Yadranka. 2006. *Variabilitas Suhu di Perairan Selatan Jawa Barat dan Hubungannya dengan Angin Muson, Indian Ocean Dipole Mode El Nino Southern Oscillation*. Jurnal. Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
5. Lestari, P. 2011. *Model Prediktif Produktivitas Tanaman Padi (Oryza sativa L) Akibat Pengaruh Iklim Lokal Di Kabupaten Marauke*. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. Hal.26
6. Halide, H. 2009. *Esensi Prediksi. Makassar :Pusaka Pena Press Makassar*.Hal. 94